Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Sol. — N° 5 1969

Les sols sur dolomie dans le sud de la France

P. BOTTNER, M. BOUKHRIS

C.E.P.E. — Section d'Eco-Pédologie

B.P. 1018 — 34 - MONTPELLIER

Les massifs dolomitiques du Midi de la France sont caractérisés par des associations végétales particulières composées d'espèces endémiques ou à microformes spéciales. Elles ont depuis longtemps intéressé les botanistes. Par contre, les sols ont rarement attiré l'attention des pédologues. Pourtant, si dans les karsts anciens du bassin méditerranéen, l'intérêt majeur est celui de la terra rossa, liée à la roche mère calcaire, il existe sur roche mère dolomitique des problèmes particuliers que nous voulons évoquer ici.

Les sols qui font l'objet de ce travail ont été prospectés dans les massifs dolomitiques karstiques du Languedoc et des Grands-Causses. Ils sont situés dans les étages bioclimatiques du chêne vert, du chêne pubescent et du hêtre.

Les objectifs qui ont orienté la rédaction de la présente note sont, l'un d'ordre pédologique, l'autre d'ordre écologique.

Il y a tout d'abord un problème de systématique. Selon KUBIENA (1953), MUCKENHAUSEN (1962) et DUCHAUFOUR (1965), les sols dolomitiques sont classés dans les « Protorendzines » ou « Pararendzines ». Selon AUBERT (1965), la distinction entre rendzines calcaires et dolomitiques ne semble devoir être faite qu'au niveau de la famille. Enfin, dans la classification de la « Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols » (1967) de France, ce sont des « Cryptorendzines ».

Il y a aussi une question d'évolution. En effet, les massifs dolomitiques, comme d'ailleurs l'ensemble de ces vieilles surfaces karstiques, ont été le siège de pédogénèses et de morphogénèses multiples, souvent très anciennes et complexes. Le but du présent travail est de définir les types pédologiques des sols et leur évolution sur roche-mère dolomitique sous les conditions méditerranéennes subhumides et humides du climat actuel du Midi de la France.

Un autre problème est celui posé par l'écologie des associations végétales dolomiticoles. En effet, aux « rendzines dolomitiques » est lié un type de végétatioon particulier, constitué de trois groupes d'espèces :

— celles que l'on rencontre habituellement sur roche-mère calcaire ;

— celles qui sont fréquentes sur sables dunaires ou même sur les sables des massifs siliceux : ce sont les psammophytes ;

— enfin, celles qui, selon QUEZEL (1952), sont liées uniquement à la dolomie : ce sont les dolomiticoles strictes *.

(*) Ce sont par exemple *Arenaria aggregata, Arenaria hispida, Armeria juncea,, Helianthemum canum, Aster alpinus, Alyssum montanum, etc...*

A partir des études de nutrition minérale effectuées par l'un de nous (BOUKHRIS, 1967) sur les dolomiticoles strictes, nous discuterons ici de l'influence du sol sur ce type de végétation.

1. RAPPEL DE QUELQUES DONNEES D'ORDRE PETROGRAPHIQUE.

Sur le terrain, la distinction morphologique entre calcaire et dolomie est souvent délicate. Pour les différencier, les géologues et les minéralogistes ont été amenés à utiliser des méthodes précises telles que l'action des acides ou des colorants spécifiques, l'emploi des rayons X et l'analyse chimique (BRYDON et RICE, 1965).

Cette dernière a permis de distinguer, depuis la dolomie pure, carbonate double de calcium et de magnésium, au calcaire pur, une série de roches intermédiaires dont voici, selon JUNG (1963), la classification :

TABLEAU 1. — *Classification des roches dolomitiques d'après JUNG* (1963)

Roches	% de dolomite	CaO/MgO
Calcaires	0 à 5	> à 49,7
Calcaires magnésiens	5 à 10	49,7 à 24,51
Calcaires dolomitiques	10 à 50	24,51 à 3,96
Dolomies calcarifères	50 à 90	3,96 à 1,70
Dolomies	90 à 100	1,70 à 1,39

2. ALTERATION DES SURFACES DOLOMITIQUES.

2.1. — ASPECT GEOMORPHOLOGIQUE.

Sur les masses calcaires ou dolomitiques des Grands-Causses et des garrigues languedociennes d'âge secondaire (jurassique et crétacé) se sont constituées des surfaces d'érosion très anciennes probablement tertiaires et restées relativement stables à travers le quaternaire. Elles ont subi les conditions météorologiques depuis des âges très reculés et portent la marque de pédogénèses anciennes qui ne sont plus en relation avec les conditions climatiques actuelles.

Sur calcaire, il en résulte la formation en profondeur d'un système de galeries et de grottes polygéniques très complexes et en surface d'un réseau plus ou moins dense de fissures et de poches anastomosées : ils sont dus à la karstification. Dans ces cavités s'est maintenu un matériel essentiellement colloïdal formé à partir des éléments résiduels de dissolution ou les éléments allochtones d'apport ; il est généralement rubéfié : c'est la Terra rossa.

Sur dolomie, cette longue altération a eu un effet original et caractéristique de ce type de roche, la formation de sables dolomitiques.

On sait que la roche dolomitique est constituée soit d'une mosaïque de cristaux de dolomite et de cristaux de calcite intimement mélangés et imbriqués les uns dans les autres, soit de cristaux de dolomite cimentés par de la calcite (BARON, 1960 ; JUNG, 1963). Les grains de dolomite, plus résistants, libérés par la dissolution de la calcite, donnent origine à une importante accumulation de matériel essentiellement sableux, le sable dolomitique.

L'effet respectif des différents paléoclimats sur l'altération des massifs calcaires ou dolomitiques est difficile à mettre en évidence ; c'est un problème commun à toutes les surface karstiques. Cependant, il est vraisemblable que sur dolomie l'altération fut ou est encore plus rapide que sur calcaire. En effet, sur calcaire karstique généralement

compact et peu perméable, la circulation des eaux agressives et la dissolution des carbonates se fait essentiellement sinon exclusivement au niveau des fissures et des interstices initialement d'origine tectonique. A cela s'ajoute sur dolomie, une circulation non négligeable à travers la masse de la roche, car la texture est ici plus grossière et la perméabilité plus élevée que sur calcaire dur (BIROT **et al.,** 1966).

Par ailleurs, l'hétérogénéité de la texture, de la structure et de la composition chimique des masses dolomitiques a entraîné un écoulement préférentiel des eaux agressives et une destruction inégale de la roche, ce qui donne au paysage son aspect ruiniforme typique et bien connu des touristes.

2.2. — ASPECT PHYSICO-CHIMIQUE.

2.2.1. — Les roches-mères dolomitiques.

Dans les différents horizons de 25 profils de sol sur sable dolomitique, une quarantaine de lots de cailloux ou de roches en place ont été échantillonnés sur lesquels CaO, MgO, CO3++ ont été déterminés. Ces données d'analyses ont permis de définir deux valeurs caractéristiques, la teneur en résidu non carbonaté du caillou et le rapport CaO/MgO.

La teneur en résidu non carbonaté est très faible dans la plupart des cailloux analysés, elle varie de 0 à 3 %. La grande pureté des dolomies et des calcaires est un trait fondamental bien connu et commun à l'ensemble des karsts. La composition de la fraction carbonatée de la roche est exprimée par le rapport CaO/MgO. Celui-ci est très variable et la répartition des valeurs de ce rapport, exprimées dans le tableau n° 2, est désordonnée. En particulier, il n'a pas été possible d'établir une relation entre les valeurs de CaO/MgO et les différents étages géologiques d'où provenait la dolomie, ni entre les types d'horizons de sols où les cailloux ont été échantillonnés.

2.2.2. — Les sables dolomitiques.

Sur les sables dolomitiques des mêmes horizons où ont été prélevés les cailloux, l'analyse granulométrique et le rapport CaO/MgO ont été déterminés.

La fraction granulométrique inférieure à 2 mm est constituée exclusivement de sable : les éléments inférieurs à 50 μ sont en effet rarement présents et les fractions supérieures à 500 μ sont également absentes ou rares. Ces sables sont bien triés et présentent un maximum dans les sables très fins (50 à 100 μ), les sables fins (100 à 200 μ) ou sables moyens (200 à 500 μ).

Ils s'avèrent par ailleurs d'une composition chimique très homogène : ils sont constitués exclusivement de carbonates (98 à 100 % par la méthode BERNARD) ; le rapport CaO/MgO est ici d'une étonnante constance (tableau n° 2), il varie de 1,4 à 1,6. Ces valeurs sont proches de celles calculées pour la dolomite pure : 1,39.

En définitive, les roches dolomitiques sont d'une composition chimique très variable qui va de celle du calcaire faiblement magnésien à la dolomie pure. La longue altération à la fois physique et chimique à laquelle ces massifs ont été soumis, sous des conditions climatiques vraisemblablement très variables, aboutit à la formation d'un produit résiduel sableux, appauvri en calcaire, en argiles, en fer et constitué exclusivement de dolomite, c'est le sable dolomitique.

3. PEDOGENESE SUR ROCHE-MERE DOLOMITIQUE.

L'action de la paléopédogénèse comme sur l'ensemble de ces vieilles surfaces karstiques fut prépondérante. Elle est ici fort simple : elle consiste en une dissolution de CO_3Ca avec accumulation importante de sables dolomitiques.

Ceux-ci constituent alors la roche-mère des sols actuels. Leurs caractères qui ont été décrits ci-dessus, sont très particuliers. Ils peuvent être résumés ainsi :

— leur teneur en argiles est faible ou nulle ;

— c'est un milieu sableux percolant et sec ;

— leur pH est très élevé (fig. n° 6) ;

— c'est un matériel sensible à l'érosion.

Sur une telle roche-mère, la pédogénèse a pris une orientation particulière. Dans le présent chapitre, les sols sont regroupés en rendzines à humus brut, protorendzines d'une part, et en pararendzines ou rendzines dolomitiques, d'autre part.

TABLEAU 2. — *Répartition de la dolomite dans la roche et les sables dolomitiques*

Classes de fréquence	% de Dolomite	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
	CaO/MgO correspondant	1,4	1,7	2,0	2,5	3,1	4,0	5,2	7,4	11,7	24,5
Nombre d'échantillons présents dans chaque classe	Roches ou cailloux dolomitiques	11	6	1	8	0	1	3	2	3	2
	Sables dolomitiques	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU 3. — *Caractères physico-chimiques d'une rendzine dolomitique*

HORIZONS	PROFONDEURS en cm	FRACTIONS GRANULOMETRIQUES EN % DE LA TERRE FINE								pH		Carbonates totaux en % de la terre fine	Calcaire actif en % de la terre fine
		0-2 µ	2-20 µ	20-50	50-100 µ	0,1-0,2 mm	0,2-0,5 mm	0,5-1 mm	1-2 mm	H_2O	KCl		
A^1	0-5	5,6	2,4	14,8	49,1	18,1	1,8	0,7	0,2	8,0	7,6	92,0	1,0
A^3	5-20	4,5	3,3	13,0	52,0	19,7	1,6	0,4	0,1	8,0	7,7	93,0	0,75
C	20-...	-	0,4	16,4	55,0	23,7	1,9	0,1	-	8,4	8,3	96,4	1,25

HORIZONS	PROFONDEURS en cm	MATIERE ORGANIQUE en % de la terre fine				BASES ECHANGEABLES en m.val. pour 100 gr de terre fine					
		Mat. org. totale	C	N	C/N	Ca	Mg	K	Na	S	T
A^1	0-5	4,42	2,57	0,24	10,3	14,70	2,90	0,17	0,02	17,79	9,44
A^3	5-20	3,20	1,86	0,18	10,0	14,64	2,58	0,18	0,03	17,43	7,94
C	20-...	-	-	-	-	5,40	2,82	0,06	0,03	8,31	0,48

3.1. — RENDZINE A HUMUS BRUT ET PROTORENDZINE.

La **Rendzine à humus brut** est du type A^0C. L'horizon A^0 est un moder d'une dizaine de centimètres d'épaisseur avec un pH légèrement acide à neutre. Il repose sans transition sur la roche-mère C. Ce sol est appelé par MUCKENHAUSEN (1962) « Moder-rendzina ». Il a la morphologie de la rendzine, mais l'horizon organique est ici un **moder.**

Sous le climat méditerranéen, les conditions de formation de ces sols sont les suivantes :

— ils sont liés à une végétation forestière et l'horizon A^0 se développe essentiellement à partir de la litière ;

— l'humus brut s'accumule en absence d'argiles et de vers de terre indispensables à la formation du mull ;

— le milieu relativement sec freine l'évolution de l'humus pendant une grande partie de l'année.

En fait, ce type de sol est, dans la région que nous avons étudiée ici, très peu représenté. Son intérêt est théorique : c'est probablement le sol climacique actuel. Mais sur un matériel aussi sensible à l'érosion, la végétation et la rendzine à humus brut se sont rarement conservés. Elles subsistent dans quelques stations protégées de la hêtraie. Sous les forêts très dégradées du chêne vert et du chêne pubescent du Sud de la France, la rendzine à humus brut est remplacée par la **Protorendzine.** Ce sol est identique au précédent, mais l'horizon A^0 est réduit à un ou deux centimètres d'épaisseur.

3.2. — RENDZINE DOLOMITIQUE.

Les sols décrits ci-dessus sont liés à la végétation forestière. Or, dans ces paysages, celle-ci n'est que rarement conservée. Elle est remplacée par des pelouses de dégradation où l'on trouve les plantes dolomiticoles mentionnées au début de ce travail. Le sol lié à ces pelouses est alors la **rendzine dolomitique.** C'est, sur ces massifs, le sol le plus représentatif, puisqu'il a pris, à la suite de la dégradation, une grande extension.

Il se distingue des précédents par son type de matière organique. Celle-ci se forme ici essentiellement à partir du système radiculaire de la végétation herbacée. L'humus est incorporé dans les horizons supérieurs des sables dolomitiques ; il a la morphologie du mull, mais comme l'a montré KUBIENA (1953), il a la microstructure du moder liée à l'absence d'argile. C'est le « mullartiger moder » de KUBIENA (1953) ou le « mull-moder » de DUCHAUFOUR (1965). Dans l'étage de la hêtraie, le sol est du type A C ou A^1 A^3 C. Dans les conditions plus sèches de l'étage du chêne vert, la roche-mère est mise à nu et le sol est du type (A) C, c'est un régosol. MUCKENHAUSEN (1962) classe ces sols dans les « Pararendzines », c'est-à-dire des rendzines qui ont un important squelette ou microsquelette non calcaire, qui est ici le sable dolomitique.

3.2.1. — PRESENTATION D'UN PROFIL TYPIQUE.

Localisation :

La Couvertoirade, C.L. x = 678,2, y = 178,9, altitude 820 m ; carte IGN feuille du CAYLAR au 1/50.000.

Morphologie du profil :

A1 0-5 cm, texture sableuse, structure particulaire, Munsell 10 YR 3/4, 10 % de cailloux dolomitiques, passage **progressif** à l'horizon C.

C 20-... Texture sableuse, structure particulaire. Munsell 10 YR 7/4, 50 % de cailloux dolomitiques.

Les caractères physico-chimiques de ce sol sont exprimés dans le tableau n° 3. La texture est sableuse et la structure est particulaire à travers tout le profil. La teneur en matière organique est faible et le rapport C/N est bas. L'essentiel de ce sol est constitué de carbonates (90 % à 100 %), mais la teneur en calcaire actif est négligeable. Un problème intéressant dans l'étude de ces sols est celui de l'importance du magnésium échangeable et sa répartition à travers le profil.

3.2.2. — LE COMPLEXE ABSORBANT, LE CALCIUM ET LE MAGNESIUM ECHANGEABLES DANS LES RENDZINES DOLOMITIQUES.

Les données sont examinées dans trois graphiques :

— L'état du complexe absorbant est représenté dans le graphique n° 4. La capacité totale d'échange de ces sols est toujours faible ; pratiquement nulle dans les horizons C, elle est variable dans les horizons A suivant l'importance de la matière organique, mais sa valeur est toujours inférieure à 10 m. val./100 g de sol ;

— Le complexe absorbant est partout fortement saturé.

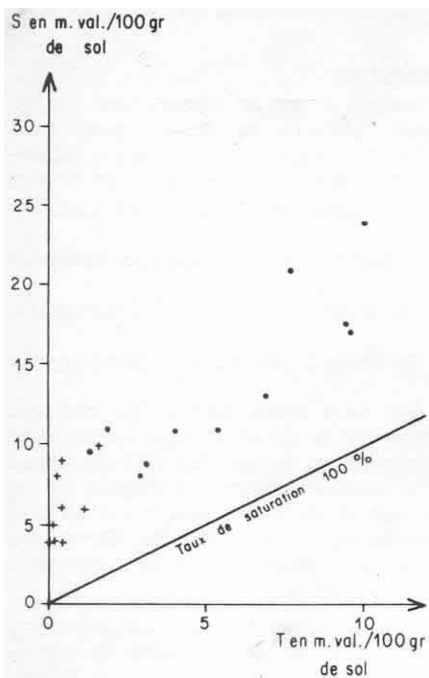


Fig.4_ Etat du complexe absorbant dans les rendzines dolomitiques

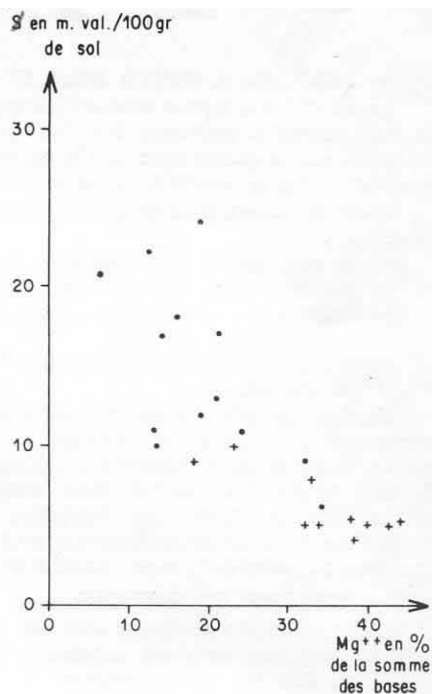


Fig.5_ Importance du magnesium dans la somme des bases échangeables des rendzines dolomitiques

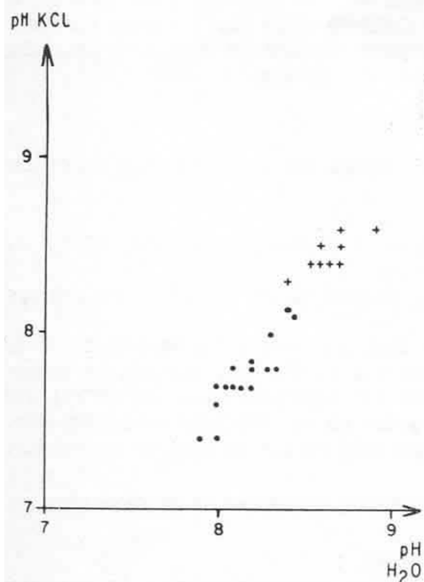


Fig.6_ pH dans les rendzines dolomitiques

Légende

Horizons A •

Horizons C +

L'importance du magnésium dans la somme des bases est représentée dans le graphique n° 5. Deux cas sont ici à considérer :

- Dans les horizons C, où la capacité totale d'échange est nulle, la proportion des ions magnésium dosés est importante ; elle atteint jusqu'à 40 % de la somme des bases. En fait, cela correspond à la dissolution d'une fraction de dolomite par le réactif d'extraction des bases échangeables, l'acétate d'ammonium ;
- Dans les horizons A, là où les valeurs de la capacité totale d'échange et la somme des bases sont plus élevées, l'importance des ions magnésium est plus faible, 10 à 20 %, et celle des ions calcium plus élevée, de 80 à 90 % de la somme des bases ;

— La teneur absolue en magnésium échangeable par contre est identique dans les deux types d'horizons : 1 à 4 m. val. en A et 1 à 3 m. val./100 g de sol en C.

Enfin, un dernier graphique (n° 6) situe les valeurs du pH dans ces sols. Elles sont toujours élevées. Dans les horizons C, malgré la faible importance des bases libérées par le sable dolomitique, les valeurs du pH sont proches de 9 : le pouvoir tampon dans ce milieu est faible. Dans les horizons A, il existe une certaine capacité totale d'échange et le pH est plus bas.

Avant de conclure et à titre de comparaison, nous donnons ici quelques valeurs caractéristiques du complexe absorbant des sols rouges brunifiés que l'on rencontre sous les pelouses à **Brachypodium ramosum** dans le Midi de la France et à **Bromus erectus** ou **Festuca duriuscula** dans les Causses ; ces sols et ces pelouses sont sur roche-mère calcaire l'équivalent des rendzines dolomitiques avec leur végétation spécialisée sur dolomie : des milieux fortement dégradés.

Sur ce matériel argileux, la capacité totale d'échange est plus élevée : 20 à 40 m. val./100 g de sol. Le complexe absorbant reste fortement saturé, mais dans ces sols bien tamponnés, le pH est plus bas, 7 à 7,5 (pH eau). Dans la somme des bases échangeables, le magnésium ne représente ici que 5 %. Mais fait important au point de vue écologique, la teneur absolue en magnésium échangeable est identique à celle des rendzines dolomitiques : de l'ordre de 2 m. val./100 g de sol dans les horizons A.

En définitive, concernant la dynamique du calcium et du magnésium dans les rendzines dolomitiques, il convient de répondre à deux questions ; l'une concerne la rapidité d'altération de la dolomite, il semble qu'elle ait une grande inertie ; on sait en effet qu'elle est beaucoup moins soluble que la calcite, et nous avons montré ici que l'acétate d'ammonium, le réactif d'extraction des bases échangeables, dissout peu de dolomite dans un milieu où ce minéral est pourtant réduit à l'état de sable fin.

Signalons toutefois que, selon CORBEL (1959) et NICOD (1967), les eaux des sources karstiques des massifs dolomitiques contiennent une proportion non négligeable de magnésium. Selon ces auteurs, la dolomite serait en effet soluble en climats chauds.

L'autre question concerne l'importance des ions magnésium échangeables dans la garniture ionique du complexe absorbant de ces sols. Là aussi, il faut considérer deux cas.

Dans l'horizon C, le réactif d'extraction dissout une faible quantité de dolomite et Mg^{++}/Ca^{++} est élevé, proche de 1.

On observe par contre une concentration d'ions calcium échangeables dans l'horizon A. Ceux-ci sont là nettement plus abondants que les ions magnésium. Cela est explicable par le fait que les éléments échangeables sont maintenus en surface par le cycle biologique. Il y a dans cet horizon une certaine capacité d'échange et selon les lois de DONNAN, l'ion calcium est mieux retenu que l'ion magnésium. Ces faits ont également été observés par LEPOUTRE (1966) dans des rendzines dolomitiques du Maroc.

Enfin, notons ce point important pour l'écologiste : il n'y a dans les rendzines dolomitiques en valeur absolue pas plus de magnésium échangeable que dans les sols calcaires. En valeur relative, par contre, la différence est évidente.

CONCLUSION.

Nous avons rassemblé ici quelques données qui apporteront leur contribution aux deux problèmes qui ont été posés au début de cette note.

Quels sont les types de sol et leur évolution sur dolomie dans le Midi de la France ? Comme sur l'ensemble des massifs karstiques, l'essentiel est dû à des pédogénèses anciennes. Les surfaces et les fissures de karsts dolomitiques sont couvertes ou remplies de sables constitués de dolomite pure. C'est le produit résiduel de la dissolution de la dolomie. En fait, la karstification continue de nos jours, mais son action est probablement lente par rapport à ce qu'elle fut sous des conditions plus favorables et depuis des temps très longs.

Il y a ensuite une évolution sous les conditions actuelles. Nous considérons le sable dolomitique comme la roche-mère des sols actuels. Celle-ci a des propriétés très particulières. Elle ne contient pas d'argiles, c'est un milieu très percolant et sec, son pH est élevé, elle est sensible à l'érosion. Les sols formés sont peu évolués. Sous les conditions relativement humides de la hêtraie, c'est une **rendzine à moder,** sous les conditions plus sèches du Midi de la France, c'est une protorendzine. Ces sols sont rarement conservés, car dans les paysages dolomitiques, la végétation forestière à laquelle ils sont liés est fortement dégradée. Sous les pelouses qui en résultent, il se forme alors une **rendzine dolomitique** qui est une **pararendzine.** Nous avons discuté plus haut le point particulier du magnésium et du calcium échangeables dans le complexe absorbant de ces sols.

La deuxième question qui se pose est celle de l'influence des caractères des rendzines dolomitiques en tant que facteur écologique sur la végétation dolomiticole. Comme nous l'avons montré au début de ce travail, celle-ci est constituée d'espèces couramment rencontrées sur sols calcaires, d'espèces psammophytes et d'espèces dolomiticoles strictes.

L'existence des psammophytes sur les rendzines dolomitiques est due aux caractères physiques de ces sols : texture sableuse, structure particulaire, grande perméabilité.

A la suite du travail de BOUKHRIS (1967) sur la nutrition magnésienne des plantes dolomiticoles strictes, il semble qu'il n'est pas suffisant de faire appel uniquement à l'influence du magnésium pour expliquer ce type de végétation. En effet, si certaines plantes sont capables d'absorber une grande quantité de cet élément, d'autres n'en contiennent pas davantage que les espèces calcicoles. Elles sont capables aussi de germer et de se développer dans des sols non dolomitiques et sur des solutions nutritives pauvres en magnésium. Par ailleurs, nous avons montré ici que le magnésium échangeable n'est en valeur absolue pas plus abondant dans les rendzines dolomitiques que dans les sols calcaires.

Le sable dolomitique, milieu sec, appauvri en éléments nutritifs et à pH élevé, a permis le maintien d'un certain nombre d'endémiques en l'absence de la concurrence d'espèces plus exigeantes.

Bibliographie

AUBERT G. (1965). — Classification des sols. *Cahiers O.R.S.T.O.M. Pédologie.* Vol. III, fasc. 3, pp. 269-288.

BARON G. (1960). — Sur la synthèse de la dolomite. Application au problème de la dolomitisation. *Rev. Inst. Fr. du pétrole et Ann. des combustibles liq.,* XV, I, 3 - 68. Thèse Fac. Sc. Paris.

BIROT P., ROGLIC J., NICOD M., DUFAURE J. (1966). — Le relief calcaire « Les cours de Sorbonne », Géographie, Paris, 238 p.

BOTTNER P., LOSSAINT P. (1967). — Etat de nos connaissances sur les sols rouges du bassin méditerranéen. *Science du sol,* 1, pp. 49-80.

BOUKHRIS M. (1967). — Sur l'écologie et la nutrition des végétaux croissant sur dolomie dans le sud de la France. Thèse de spécialité, Fac. des Sc. de Montpellier, 104 p.

BRYDON J.-E., RICE H.-M. (1965). — Use of intercept method in determining the calcite - dolomite ration for rating agricultural limestones. *Agronomy journal,* 57, 3, 283-285.

CORBEL J. (1959). — Erosion en terrain calcaire (vitesse d'érosion et morphologie). *Annales de géographie* n° 366, LXV, 3e année, pp. 97-120.

C.PC.S. (1967). — Classification des sols. Edition 1967. Laboratoire de Géologie-Pédologie de l'E.N.S.A. de Grignon.

DUCHAUFOUR Ph. (1965). — Précis de Pédologie. Masson et Cie, édit., 481 p.

JUNG J. (1963). — Précis de Pétrographie. Roches sédimentaires métamorphiques et éruptives. Masson et Cie, édit., 314 p.

KUBIENA L. (1953). — The soils of Europe. Thomas Murby and Company, London.

LEPOUTRE B. (1966). — Rendzine dolomitique. *Congrès de Pédologie méditerranéenne.* Excursion au Maroc. Livret guide, tome III ; IV - 2, pp. 1-11. Ministère de l'Agriculture et de la réforme agraire, Maroc.

MUCKENHAUSEN E. (1962). — Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Bôden der Bundesrepublik Deutschland. DLG-Verlag, Frankfurt (Main).

NICOD J. (1967). — Recherches morphologiques en Basse-Provence calcaire, *Etudes et travaux de Méditerranée.* Revue géographique des pays méditerranéens. Editions Ophrys, 557 p.
néens. Editions Ophrys, 557 p.

QUEZEL P. (1952). — Quelques aspects du problème de la végétation sur dolomite. *Rec. Trav. Lab. Bot., Montpellier, série Bot.,* 5, 63-78.